

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Patentschrift  
⑯ DE 39 30 930 C1

⑯ Int. Cl. 5:  
A 61 B 5/05  
A 61 H 39/00  
A 61 H 39/02  
A 61 N 2/00

⑯ Aktenzeichen: P 39 30 930.4-35  
⑯ Anmeldetag: 15. 9. 89  
⑯ Offenlegungstag: —  
⑯ Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 11. 10. 90

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Patentinhaber:  
Weyh, Thomas, 8000 München, DE

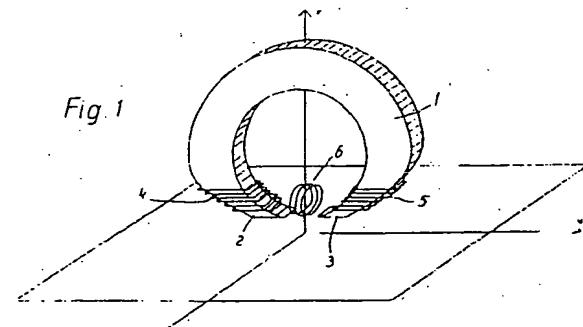
⑯ Vertreter:  
Zimmermann, H., Dipl.-Ing.; Graf von Wengersky, A.,  
Dipl.-Ing.; Kraus, J., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.,  
Pat.-Anwälte, 8000 München

⑯ Erfinder:  
gleich Patentinhaber

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:  
DE 26 32 501 A1

⑯ Medizinisches Gerät zur Diagnose und/oder Therapie mit Hilfe elektromagnetischer Felder

Das medizinische Gerät dient der Diagnose und/oder Therapie mit Hilfe elektromagnetischer Felder zwecks magnetomotorischer Stimulation von Nerven. Es umfaßt einen hufeisenförmigen Magnetkern (1), dem mindestens eine strom-impulsaufschlagbare Spulenwicklung (4, 5) zur Magnetfelderzeugung zugeordnet ist. Um ein genau fokussierbares, weit reichendes starkes Magnetfeld zu erreichen, ist den beiden Polschuhen (2, 3) des hufeisenförmigen Magnetkerns (1) jeweils eine Polschuhwicklung (4, 5) zugeordnet. Ferner ist im Bereich zwischen den die beiden Polschuhwicklungen tragenden Polschuhen mindestens eine Steuerspule (6) angeordnet, deren Windungen etwa quer zu der beiden Polschuhen (2, 3) gemeinsamen Ebene verlaufen, (Fig. 1).



DE 39 30 930 C1

DE 39 30 930 C1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein medizinisches Gerät zur Diagnose und/oder Therapie mit Hilfe elektromagnetischer Felder zwecks magnetomotorischer Stimulation von Nerven, mit einem hufeisenförmigen Magnetkern, dem mindestens eine stromimpulsbeaufschlagbare Spulenwicklung zur Magnetfelderzeugung zugeordnet ist.

Bei einem bekannten sogenannten Magnetimpulsgerät dieser Art (DE 26 32 501 A1) ist der hufeisenförmige Magnetkern mit einer einzigen Spulenwicklung im mittleren Stegbereich zwischen den beiden zu den Polschuhen führenden Schenkeln versehen. Mit Hilfe dieses Geräts wird die kurzzeitige lokal begrenzte Erzeugung eines starken Magnetfeldes angestrebt, um im zu behandelnden Organismus auf Nervenenden bzw. Nervenbahnen Aktionspotentiale auszulösen; das Wirkungsfeld des so örtlich gesetzten Reizes, der wie eine Injektion, eine Akupunkturnadel oder ein Laserstrahl wirkt, soll sich in seiner Fläche parallel zur Haut und in seiner Tiefe durch veränderlich oder auswechselbar ausgeführte Polschuhe bestimmen lassen. In der Praxis hat sich nun gezeigt, daß sich mit Hilfe des bekannten Geräts keine örtlich ausreichend eng begrenzte Magnetfelderzeugung und damit gezielte Reizung tiefer liegender Nerven erreichen läßt, insbesondere bedingt durch sehr starke Streuung des Magnetfeldes außerhalb der einzigen Spulenwicklung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das Gerät der eingangs genannten Art so weiter auszubilden, daß sich ein genau fokussierbares und dennoch weit reichendes starkes Magnetfeld erzeugen läßt.

Das Gerät nach der Erfindung, bei dem diese Aufgabe gelöst ist, zeichnet sich im wesentlichen dadurch aus, daß den beiden Polschuhen des hufeisenförmigen Magnetkerns jeweils eine Polschuhwicklung zugeordnet ist und daß im Bereich zwischen den die beiden Polschuhwicklungen tragenden Polschuhen mindestens eine Steuerspule angeordnet ist, deren Windungen etwa quer zu den beiden Polschuhen gemeinsamen Ebene verlaufen.

Es hat sich gezeigt, daß sich mit diesem Gerät genau fokussierbare Magnetfelder einer Feldstärke von 1 bis 2 Tesla mit einer Pulsdauer von etwa 200 Mikrosekunden erzeugen lassen, durch die auch kleine, tiefliegende Nervengruppen stimuliert werden können. Eine kürzere Pulsdauer wird von den Nerven erfahrungsgemäß kaum in Aktionspotentiale umgesetzt; eine längere Pulsdauer erzeugt in den Nerven ein zu geringes elektrisches Feld. Der erfindungsgemäße Einsatz der Steuerspule(n) zwischen den wicklungsbestückten Polschuhen ermöglicht dabei, das magnetische Feld möglichst weit aus der Felder erzeugenden Vorrichtung herauszudrängen, um so tieferliegende Nervengruppen zu stimulieren und die Vorteile der nicht operativen und nicht invasiven Untersuchungs- bzw. Behandlungsmethode auszunutzen. Da sich mit Hilfe des erfindungsgemäßen Geräts durch das schnell veränderliche magnetische Feld ein elektrisches Feld an einem eng umrissenen Bereich innerhalb des Körpers erzeugen läßt, ist ein Aktionspotential am angepeilten Nerv hervorrufbar. Deshalb ist das Gerät insbesondere zur Diagnostik der motorischen Nerven der Großhirnrinde sowie peripherer Nerven mit Erfolg einsetzbar. Daneben kann es auch als Therapiegerät Anwendung finden, nämlich als Muskelstimulationsgerät zur Aufrechterhaltung der Muskelfunktionen und der Muskelmasse, beispielsweise bei Gelähmten oder Ko-

matosen oder als Defibrillationsgerät zur Beseitigung des Herzkammerflimmerns. In der Diagnostik dient das elektromagnetische Nervenstimulationsgerät vor allem der Untersuchung des Parkinsonismus, der Alzheimerischen Krankheit, der Multiplen Sklerose, cerebellären (das Kleinhirn betreffender) Erkrankungen sowie von Nervenschäden in der Unfallchirurgie.

An dieser Stelle ist zu erwähnen, daß bei bisher gebauten oder in der Praxis eingesetzten Geräten das Magnetfeld ausschließlich von flachen, spiralförmigen Spulen ohne Zuhilfenahme von Steuerspulen und ohne ferromagnetische Materialien erzeugt wird. Das Feld am Ort der Stimulation ist deshalb räumlich um ein Vielfaches größer; eine örtlich genau zu begrenzende Stimulation ist deshalb nicht möglich. Dies verhindert eine präzise lokalisierte Stimulation tieferliegender Nervengruppen und führt zu Ungenauigkeiten in der Diagnostik oder Therapie.

Auch bei der eingangs erwähnten Verwendung eines hufeisenförmigen Magnetkerns ohne Steuerspule und ohne Polschuhwicklungen an den Schenkelenden läßt sich außerhalb des Spulensystems eine zur Nervenstimulation ausreichende Flußdichte nicht erreichen.

Besonders günstige Ergebnisse lassen sich erreichen, wenn die Windungssachse der Steuerspule zu der beiden Polschuhen gemeinsamen Ebene parallel verläuft. Dabei ist es von Vorteil, die Steuerspule so anzuordnen, daß deren Unterkante in der beiden Polschuhen gemeinsamen Ebene liegt.

Als sehr zweckmäßig hat es sich in weiterer Ausgestaltung des Geräts nach der Erfindung herausgestellt, wenn die Steuerspule in Reihe oder parallel zu den in Reihe oder parallel geschalteten Polschuhwicklungen liegt. Auf diese Weise ist gewährleistet, daß innerhalb äußerst kurzer Zeitspannen von etwa 200 Mikrosekunden die für die Erzeugung des Magnetfeldes erforderlichen Polschuhwicklungen bzw. Steuerspulen gleichzeitig stromdurchflossen sind, so daß die die Stimulation bewirkenden Magnetfelder einander überlagernd zur selben Zeit erzeugt werden.

Zweckmäßigerweise besteht der hufeisenförmige Magnetkern aus ferromagnetischem Material mit hoher magnetischer und geringer elektrischer Leitfähigkeit. Durch Verwendung von Kernmaterial hoher Sättigungsinduktion und geringer Ummagnetisierungs- und Wirbelstromverluste kommt man mit einem geringen Energieaufwand aus.

Als günstig hat es sich in weiterer Ausbildung herausgestellt, wenn der hufeisenförmige Magnetkern aus ferromagnetischen Gläsern oder geschichtetem, voneinander isoliertem weichmagnetischem Eisenkobaltblech einer Stärke von 0,3 mm besteht.

Weitere Einzelheiten und Vorteile ergeben sich aus der folgenden Beschreibung anhand der Zeichnung, und zwar zeigt

Fig. 1 eine schematische perspektivische Ansicht des Herzstück des erfindungsgemäßen Geräts bildenden Hufeisenmagneten mit zugeordneten Wicklungen, einschl. Steuerspule,

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht der das Herzstück des herkömmlichen Gerätes bildenden flachen spiralförmigen Spule,

Fig. 3 ein Feldstärkediagramm, wie es mit einer flachen spiralförmigen Spule nach Fig. 2 erreichbar ist,

Fig. 4 ein Feldstärkediagramm, wie es mit einem Gerät, mit hufeisenförmigem Kern, jedoch ohne Steuerspule erreichbar ist, und

Fig. 5 ein Feldstärkediagramm, wie es mit dem Gerät

nach der Erfindung gem. Fig. 1 erreichbar ist.

Fig. 1 zeigt einen in einer Ebene, die senkrecht auf der  $x-y$ -Ebene steht, liegenden hufeisenförmigen Magnetkern 1. Im Bereich der Polschuhe 2, 3 weist der Magnetkern 1 Polschuhwicklungen 4, 5 auf. Außerdem ist im Bereich zwischen den beiden Polschuhen 2, 3 eine Steuerspule 6 vorhanden. Die Windungsachse dieser Steuerspule 6 verläuft zu den beiden Polschuhen 2, 3 gemeinsam Ebene, d. h. zur  $x-y$ -Ebene etwa parallel, und ihre Unterkante liegt in der den beiden Polschuhen gemeinsamen Ebene. Die Polschuhwicklungen 4, 5 liegen in Reihe oder parallel zueinander; die Steuerspule 6 liegt zu den Polschuhwicklungen 4, 5 in Reihe oder parallel. Der hufeisenförmige Magnetkern 1 besteht aus ferromagnetischem Material mit hoher magnetischer und geringer elektrischer Leitfähigkeit. Besonders geeignet sind ferromagnetische Gläser, wie sie z. B. unter der Handelsbezeichnung Vitrovac® F-4040 der Fa. Vacuum-Schmelze erhältlich sind. Stattdessen ist auch geschichtetes, voneinander isoliertes weichmagnetisches Eisenkobaltblech geringer Stärke von etwa 0,3 mm einsetzbar, wie es z. B. unter der Handelsbezeichnung Vaco-flux 48 von der Fa. Vacuum-Schmelze auf den Markt gebracht wird.

Die erfundungsgemäß erreichte größere Ausdehnung des magnetischen Feldes ist deshalb von entscheidender Bedeutung, weil dadurch tiefer innerhalb des Körpers liegende Nervenstrukturen (z. B. die Großhirnrinde) stimuliert werden können. Dies wird im wesentlichen durch die Plazierung der Steuerspule 6 bzw. mehrerer Steuerspulen in der Mitte zwischen bzw. um die Pole des hufeisenförmigen Magnetkerns 1 erreicht. Dadurch wird nämlich das zur Nervenstimulation benötigte magnetische Feld so verändert, daß es in einer größeren Entfernung von den Polschuhen 2, 3 mit höherer Intensität stark fokussiert wirkt. Die Plazierung der Steuerspule/Steuerspulen 6 sollte so erfolgen, daß deren Unterkante auf der Ebene der Schenkelenden des hufeisenförmigen Magnetkerns 1 liegt. Auf diese Weise läßt sich einerseits das Magnetfeld möglichst weit aus dem Spulensystem herausdrängen; andererseits läßt sich jedoch das Spulensystem so nahe wie möglich an die Hautoberfläche des Patienten bringen, um eine tiefe Stimulationswirkung zu erzielen.

Die Fokussierung des Magnetfeldes durch die neuartigen Polschuhwicklungen in Verbindung mit der Steuerspule/Steuerspulen 6 ermöglicht demgemäß die Untersuchung noch feinerer, kleinerer Bereiche der Nervenstrukturen als bisher.

Der Vorteil der Verwendung dieses elektromagnetischen Spulensystems wird bei einem Vergleich der errechneten Feldstärkendiagramme gem. den Fig. 3, 4 und 5 besonders deutlich.

Die dargestellten Feldstärkenwerte beziehen sich auf eine Ebene von  $20 \times 20$  cm, die sich 2 cm unterhalb der jeweiligen Spulenanordnung findet. Die Auslenkung in Richtung der  $y$ -Achse der Figuren zeigt die Stärke des Magnetfeldes in der Ebene und nicht die räumliche Ausdehnung des Feldes.

Fig. 3 zeigt den Feldstärkenverlauf eines im Handel erhältlichen Stimulationsgerätes mit einfacher, spiralförmiger Spulenanordnung gem. Fig. 2. Die Spule besitzt 19 Windungen, eine Induktivität von ca. 35 uH, einen Innendurchmesser von 5,5 cm und einen Außen-durchmesser von 12,1 cm. Der maximale Spulenstrom beträgt 4000 A, die maximale Spulenspannung 3000 V.

Fig. 4 zeigt den Feldstärkenverlauf eines hufeisenförmigen Magnetkerns ohne die Steuerspule 6, bei dem pro

Schenkel 24 Windungen einer Hochfrequenzlitze (6 qmm Querschnitt, Durchmesser der Einzelleiter 0,15 mm) aufgewickelt sind. Der maximale Spulenstrom beträgt hier ca. 4000 A, die maximale Spulenspannung reduziert sich auf ca. 1000 V. Die beiden Polschuhwicklungen sind hierbei in Reihe geschaltet.

Fig. 5 zeigt den Feldstärkenverlauf des hufeisenförmigen Magnetkerns 1 nach der Erfindung mit einer Steuerspule 6 unter den gleichen Vorgaben wie bei der Ausführung nach Fig. 4. Die Steuerspule 6 wird hierbei mit ca. 4000 A in Reihe mit Polschuhwicklungen 4, 5 betrieben. Die maximale Gesamtspannung beträgt ca. 1000 V.

Erreicht wird die hohe Leistung mit Hilfe einer herkömmlichen Versorgungsschaltung, die einen Kondensator enthält, der mittels eines Thyristors über den die Spule enthaltenden Kreis entladen wird.

Der Vergleich der Figuren zeigt deutlich die Verbesserung zwischen den Feldstärkenverläufen der Fig. 3 und 4; gem. Fig. 4 ist die für die Stimulation relevante Zone mit einer Flußdichte von mehr als 1 Tesla räumlich wesentlich begrenzt.

Die Verbesserung unter Zuhilfenahme der Steuerspule 6 äußert sich in der Reduzierung des für die gezielte Stimulation sehr störenden Feldstärkenabfalles in der Mitte zwischen den Feldstärken spitzen. Störend ist dieser Feldstärkenabfall deshalb, weil dadurch zwei räumlich voneinander getrennte Bereiche der Stimulation entstehen, so daß eine genau lokalisierte Stimulation erschwert wird. Dadurch, daß die Nervenstimulation erst oberhalb einer bestimmten Schwelle eintritt, ergeben sich bei der Anwendung eines hufeisenförmigen Geräts ohne Steuerspule zwei kreisförmige, voneinander getrennte Stimulationsbereiche. Vom medizinischen Standpunkt ist ein einziger ovaler stimulierter Bereich, wie er durch das hufeisenförmige Gerät mit Steuerspule aufgrund der Schwellenwirkung erreicht wird, zumeist günstiger als zwei getrennte kreisförmige Bereiche, auch wenn diese von der Fläche her kleiner sind. Dadurch wird das Anvisieren der zu stimulierenden Bereiche wesentlich erleichtert. Im Zielpunkt unterhalb der Anordnung wird nämlich auch ein Aktionspotential und damit eine Nervenstimulation erzeugt.

Durch die neue Spulenanordnung mit der Steuerspule/Steuerspulen 6 läßt sich in vorteilhafter Weise eine erhebliche Reduzierung des Energieaufwandes zur Erzeugung der magnetischen Impulse erreichen. Das Feld im Innenraum der Spulenanordnung, wo es praktisch nicht benötigt wird, wird durch die Steuerspule abgeschwächt, und der Energieinhalt des Feldes im ferromagnetischen Material ist bei gleicher Flußdichte wesentlich geringer als in Luft. Als weiterer Vorteil der erfundungsgemäßen Spulenanordnung mit Steuerspule/Steuerspulen ist zu erwähnen, daß die Feldrichtung am Ort der Stimulation richtungsgebunden in der Flucht der Pole des hufeisenförmigen Magnetkerns 1 verläuft.

#### Patentansprüche

1. Medizinisches Gerät zur Diagnose und/oder Therapie mit Hilfe elektromagnetischer Felder zwecks magnetomotorischer Stimulation von Nerven, mit einem hufeisenförmigen Magnetkern (1), dem mindestens eine stromimpulsbeaufschlagbare Spulenwicklung (4, 5) zur Magnetfelderzeugung zugeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß den beiden Polschuhen (2, 3) des hufeisenförmigen Magnetkerns (1) jeweils eine Polschuhwicklung (4, 5)

zugeordnet ist und daß im Bereich zwischen den die beiden Polschuhwicklungen tragenden Polschuhen mindestens eine Steuerspule (6) angeordnet ist, deren Windungen etwa quer zu der beiden Polschuhen (2, 3) gemeinsamen Ebene verlaufen.

5

2. Gerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Windungssachse der Steuerspule zu den beiden Pohlschuhen (2, 3) gemeinsamen Ebene parallel verläuft.

3. Gerät nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterkante der Steuerspule (6) in der den beiden Polschuhen (2, 3) gemeinsamen Ebene liegt.

4. Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerspule (6) in Reihe 15 oder parallel zu den in Reihe oder parallel geschalteten Polschuhwicklungen (4, 5) liegt.

5. Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der hufeisenförmige Magnetkern (1) aus ferromagnetischem Material mit hoher 20 magnetischer und geringer elektrischer Leitfähigkeit besteht.

6. Gerät nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der hufeisenförmige Magnetkern (1) aus ferromagnetischen Gläsern oder geschichtetem, voneinander isoliertem weichmagnetischem Eisenkobaltblech und einer Stärke von 0,3 mm besteht.

25

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1

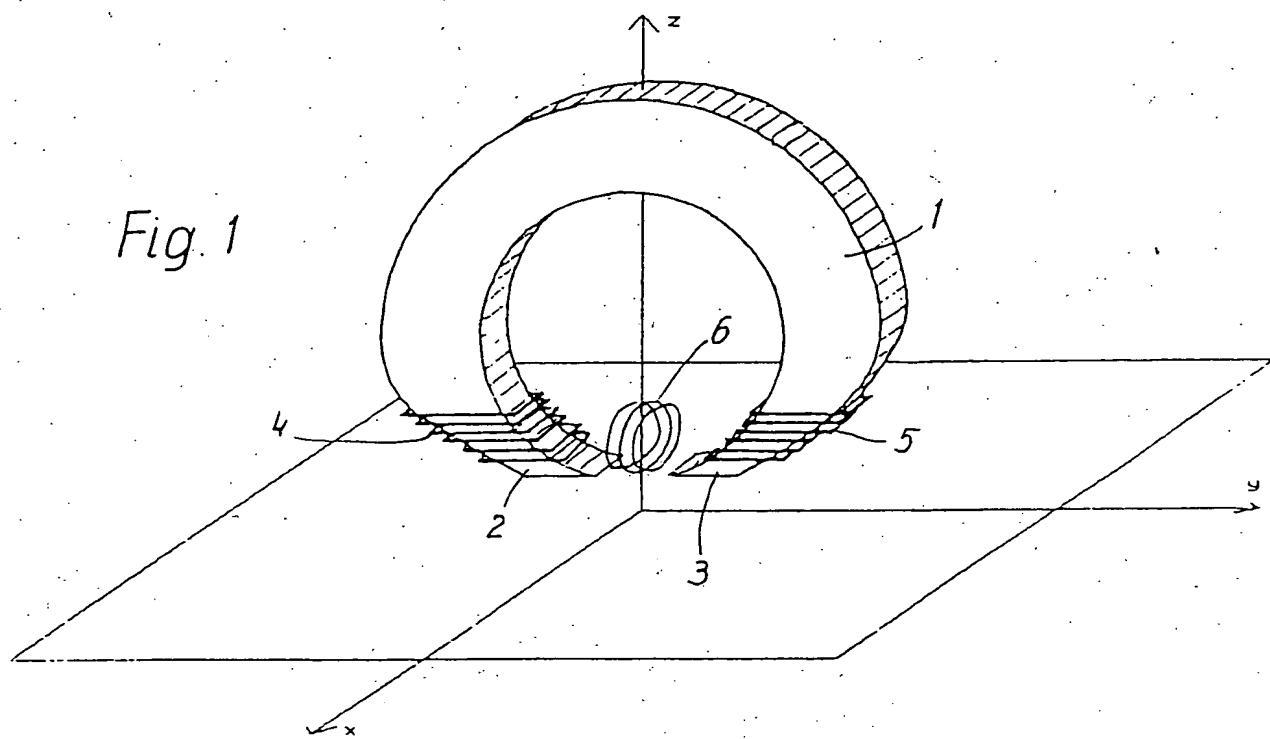


Fig. 2

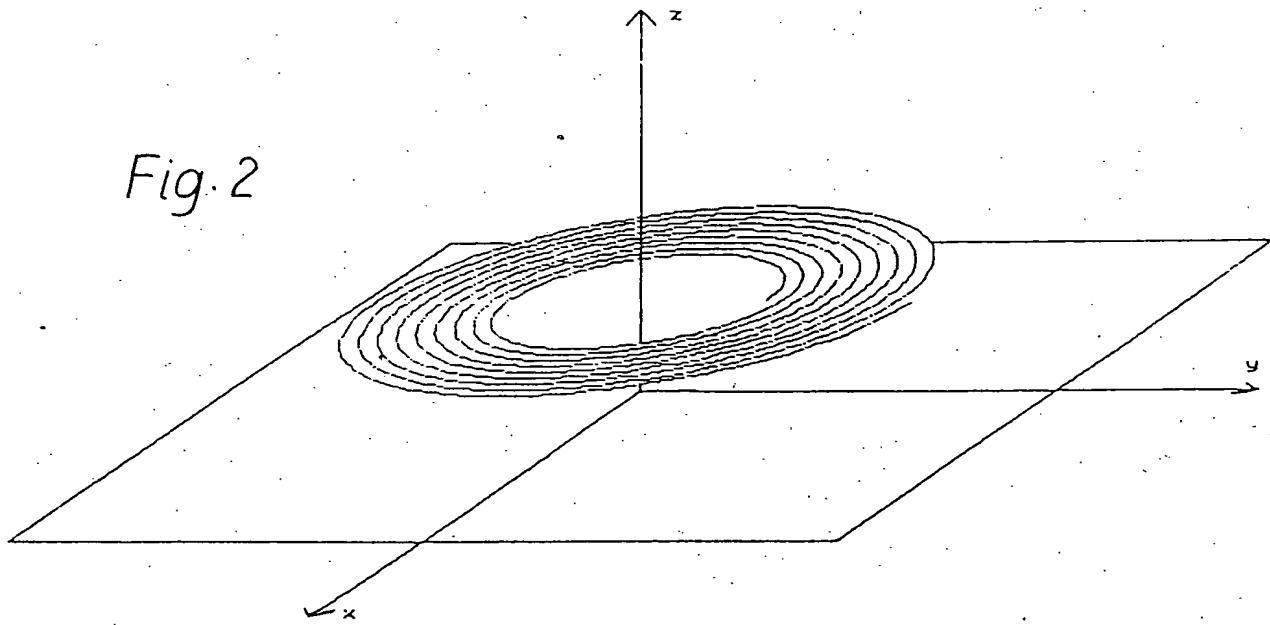


Fig. 3

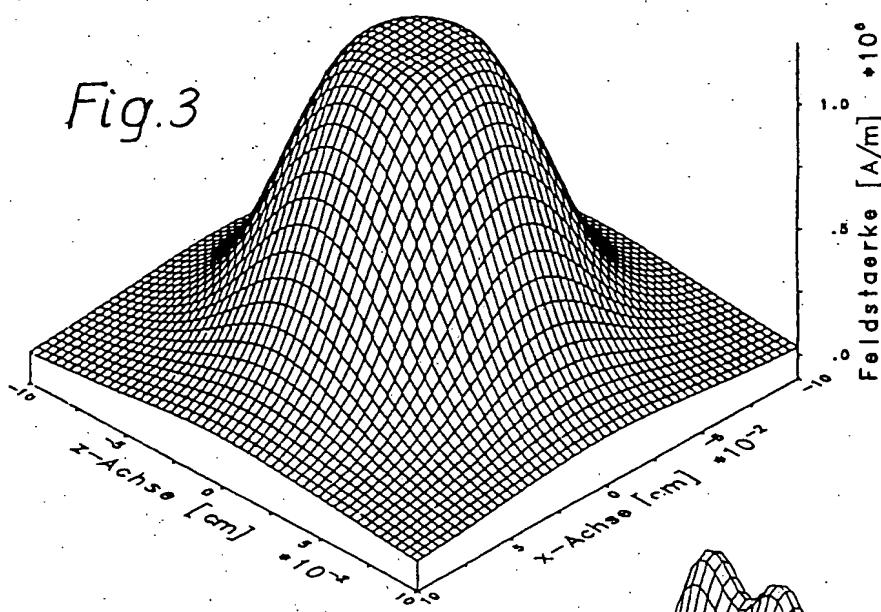


Fig. 4

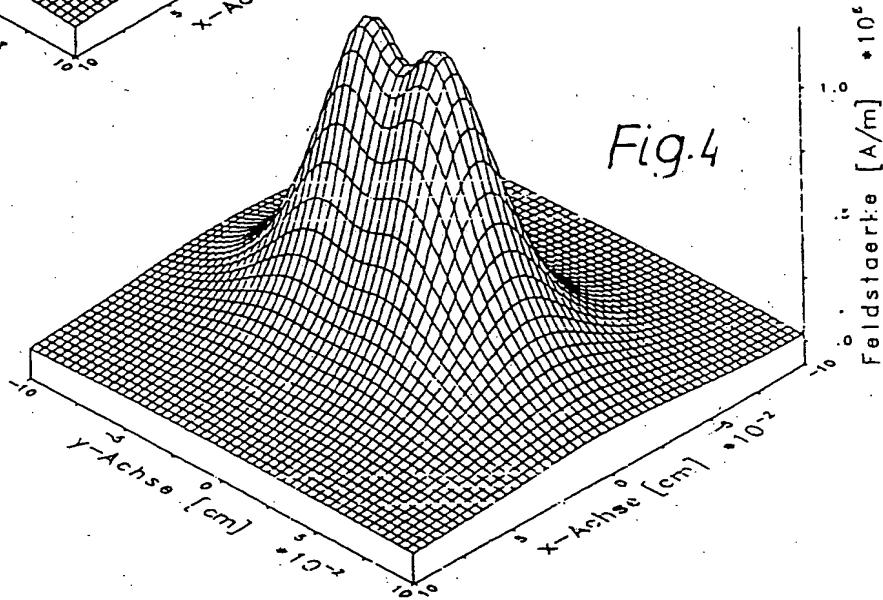


Fig. 5

